

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Raiski Jukka

Sähköasennusten käyttöönottomittaukset

Insinööritö 10.2.2010

Ohjaaja: yksikön päällikkö Pauli Rautio

Ohjaava opettaja: yliopettaja Torsti Viilo

Tekijä Otsikko	Jukka Raiski Sähköasennusten käyttöö­nottomittaukset
Sivumäärä Aika	33 sivua 10.2.2010
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	yksikön päällikkö Pauli Rautio yliopettaja Torsti Viilo
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee sähköasennusten käyttöö­nottomittauksia. Opinnäyte­työn tavoitteena on esittää käytännön läheistä näkökulmaa ja antaa vinkkejä työmaal­la toimivalle mittaajalle. Opinnäytetyössä on noudatettu alan uusimpia ohjeita sekä määräyksiä.</p> <p>Käyttöö­nottotarkastuksen tavoitteena on varmistaa sähköasennukset ja laitteistot tur­vallisiksi sekä toimiviksi. Käyttöö­nottotarkastukset koostuvat sekä silmämääräisestä tarkastuksesta että mittauksilla toteutetuista testeistä.</p> <p>Aistinvaraista tarkastusta suoritetaan koko asennustyön ajan, ja se on laajin käyt­­töö­nottotarkastuksen osa-alue. Aistinvaraisessa tarkastuksessa tutkitaan esimerkiksi, onko asennustyö suoritettu oikein ja ovatko kalusteet, johtimet ym. asennustarvikkeet ehjiä sekä oikeanlaisia. Suojajohtimen jatkuvuusmittauksessa testataan asennuksen suojajohtimet kattavasti, eikä sitä voi varmistaa esimerkiksi laskennallisesti. Jatku­vuusmittaukset suoritetaan jännitteettömässä laitteistossa, ja TN-S-järjestelmässä nollan tulee olla suojajohtimesta erillään. Jatkuvuusmittaukset ovat tyypillisesti käyt­­töö­nottomittauksen työläin osa. Mitattavia pisteitä saattaa olla tuhansia, tai ne voivat olla hankalasti sijoitettuna.</p> <p>Eristysresistanssi mitataan äärijohtimien (L1, L2, L3 ja nolla) sekä suojajohtimen (PE) väliltä. Hyväksyttävä eristysresistanssin arvo on normaalisti 1 MΩ. Mittaus suori­te­taan jännitteettömään piiriin, jossa suojajohtimen sekä nollajohtimen yhteyden tulee olla poikki. Eristysresistanssin mittauksissa on huomioitava ylijännitteelle hervät lait­teet, koska tavallinen mittaussjännite on 500 V. Syötön automaattinen poiskytkentä voidaan varmistaa mittauksin, mikäli sitä ei ole todistettu laskennallisesti ja asennus ole tarvittavilta osin jälkikäteen tarkastettavissa.</p> <p>Testauksia suoritetaan myös vikavirtasuojille, vaiheiden kiertosuunnille sekä laitteis­ton napaisuudelle. Jotta käyttöö­nottotarkastuksista saataisiin täysi hyöty, on tärkeää dokumentoida tarkastukset huolellisesti ja selkeästi. Dokumentteja voidaan hyödyn­­tää myös kunnossapidossa.</p>	
Hakusanat	sähkölaiteisto, käyttöö­nottotarkastus, käyttöö­nottomittaus

Helsinki Metropolia University of Applied Sciences Abstract

Author Title	Jukka Raiski Testing electrical installations
Number of Pages Date	33 10 February 2010
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Pauli Rautio, Head of unit Torsti Viilo, Principal Lecturer
<p>The thesis deals with the testing and commissioning of electrical installations. The aim is to present a pragmatic approach, and offer advice to the person performing the testing and commissioning on site. The latest instructions and regulations have been followed.</p> <p>Electrical installations are tested when commissioning the systems to ensure that they are safe and operate as they should. The test comprises both a visual inspection and measurements. The tests should be carried out by professionals.</p> <p>An important part of testing is the sensory based quality control which is carried out throughout the whole period of electrical installation. This includes checking that the installation accessories, wires and equipment are intact and of the right kind. Protective earthing is tested comprehensively because it can not be checked with calculations. Installations must have no voltage when the protective earthing is checked. Moreover, the zero conductor must not be connected to protective earthing in a TN-S system. Testing the protective earthing is typically the most laborious part of commissioning because there can be thousands of measurement points, or they can be in places difficult to access.</p> <p>The resistance between live wires and protective earthing is checked when the installations are dead and the zero conductor is not connected to the protective earthing. When measurements are carried out, any voltage-sensitive equipment must be taken into account because the measuring voltage is 500 V. Automatic cut-off of electricity supply can be verified with measurements if it has not been tested with calculations. If, however, the verification is done with calculations, the installation should be such that it can be examined.</p> <p>Tests are also conducted for the phase sequence, I_{rd}s and polarity. The tests must be carefully documented to be taken full advantage of. The documents can also be used in maintenance.</p>	
Keywords	electrical installations, commissioning, inspection, TN-S system.

ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö on tehty vuoden 2009 aikana. Haluaisin välittää kiitokseni työn ohjaajalle Pauli Rautiolle sekä työssä opastaneille Jarkko Järviselle ja Rauli Lehtoselle.

Espoossa 10.2.2010

Jukka Raiski

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 JOHDANTO	6
2 SÄHKÖTAPATURMAT SUOMESSA	7
3 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	8
3.1 Aistinvarainen tarkastus	10
3.2 Testaukset	12
3.2.1 Suojajohtimen jatkuvuus	12
3.2.2 Asennuksen eristysresistanssi	16
3.2.3 Syötön automaattinen poiskytkentä	19
3.2.4 Napaisuus ja kiertosuunnat	20
3.2.5 Toimintatellit	21
3.2.6 Dokumentointi	22
4 MITTAUKSET ESIMERKKIKOHOTEESSA	24
4.1 Kohteen esittely	24
4.2 Työn eteneminen	24
5 PÄÄTÄNTÖ	26
LÄHTEET	27
LIITTEET	29
Liite 1: Oikosulkuvirrat	28
Liite 2: Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	30

1 Johdanto

Sähkön käyttö nyky-Suomessa on miltei jokaiselle arkipäivää. Asennusvirheistä tai viallisista asennustarvikkeista ja -materiaaleista johtuvat henkilö- ja omaisuusvahingot ovat suhteellisen harvinaisia. Sähkökäyttäjät ovatkin luottavaisia sähköasennusten turvallisuuteen. Sähköasennusten turvallisuutta pyritään parantamaan sähköasennusten käyttöönottotarkastuksella. Tämä tarkastus suoritetaan aina uusille asennuksille sekä vanhan asennuksen korjaus- tai muutostöille.

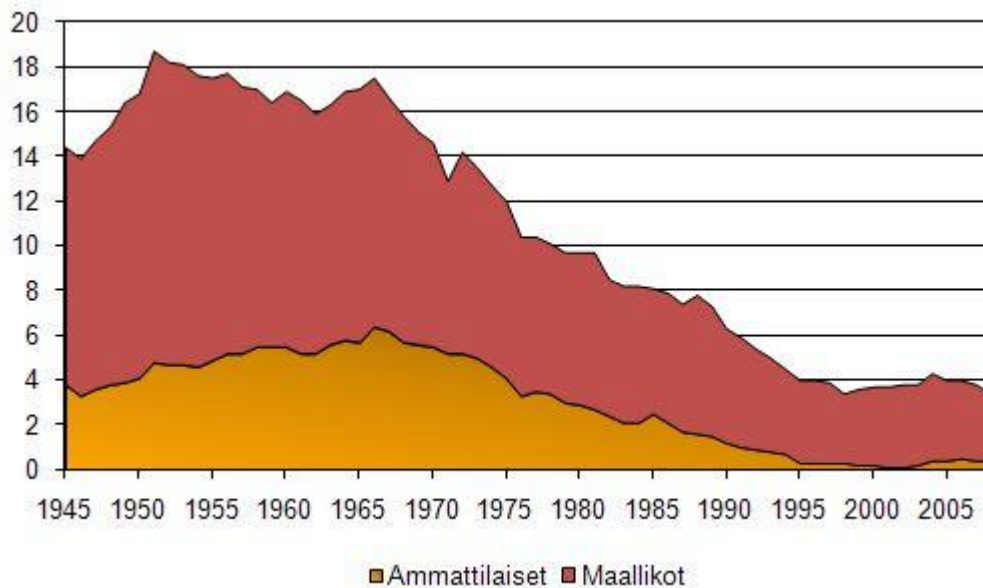
Käyttöönottotarkastus koostuu sähköalan ammattilaisen havainnoista, mittauksista sekä testauksista. Tämän työn tavoitteena on ohjata käyttöönottomittauksen suorittajaa käytännön läheisestä näkökulmasta. Osassa tarkastuksista vaaditaan kattavia mittauksia, osassa riittää ongelmapaikkojen havaitseminen ja merkintä ja osa voidaan suorittaa tarkastamalla sähkösuunnitelmat. Käyttöönottomittauksia suoritettaessa on asennoiduttava siten, että pyritään varmistamaan sähkökäyttäjille turvallinen ympäristö, eikä ainoastaan saavuttamaan standardin vaatimat mittaukset. Kattavasta ja selkeästi dokumentoidusta tarkastustyöstä voidaan hyötyä läpi sähkölaitteiston elinkaaren.

Valitsin tämän aiheen opinnäytetyöksi, koska käyttöönottomittaukset on mielenkiintoinen tapa tutustua sähköasennusten turvallisuuteen.

Käyttöönottomittauksissa tutkitaan sähköasennukset suurilta osin ja tämä opettaa paljon sähköasennuksista. Lisäksi sähköalan ohjeita ja määräyksiä on uudistettu paljon viime vuosina.

2 Sähkötapaturmat Suomessa

Kuolemaan johtaneet ammattihenkilöiden sekä maallikkojen sähkötapaturmat ovat vähentyneet Suomessa tasaisesti 60-luvulta lähtien. Ammattihenkilöiden osuus kuolemista on ollut 70-luvulla noin kolmas osa. Kuten kuvasta 1 voidaan todeta, osuus on vähentynyt tasaisesti tähän päivään asti. Sähköturvallisuus on parantunut siten, että vuonna 2008 ei ollut yhtään kuolemaan johtanutta sähkötapaturmaa [1].



Kuva 1. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat vuosina 1945–2008 [1].

3 Käyttöönottotarkastus

Sähtöturvallisuuslain mukaan sähkölaitteistot on suunniteltava sekä rakennettava siten, ettei niistä aiheudu vaaraa terveydelle tai omaisuudelle. Myös sähkömagneettiset häiriöt on huomioitava sekä tietenkin varmistettava laitteiston tarkoituksen mukainen toiminta [2]. Tämä kaikki voidaan todeta vain oikeaoppisella tarkastuksella. Lain mukaan laitteiston käyttöönotto on kielletty ennen kuin nämä tarkastukset on suoritettu. Käyttöönotolla tarkoitetaan sitä toimintaa, johon laitteisto ja tilat on suunniteltu. Esimerkiksi valvottu koekäyttö on sallittua ennen varsinaista käyttöönottotarkastusta.

Käyttöönottotarkastuksen tavoitteena on turvallinen sähkölaitteisto. Sen lisäksi, että tarkastuksella pyritään havaitsemaan asennusvaiheessa syntyneet puutteet ja viat, voidaan kattavasti dokumentoituja tarkastuspöytäkirjoja käyttää laitteiston kunnon seurannassa.

Ennen tarkastusten aloittamista on laadittava suunnitelma tarkastuksesta. Tässä vaiheessa on hyvä sopia, miten asennustesterin mahdollista muistia käytetään. Silloin mittaustulokset ovat helposti paikannettavissa kohteesta. Joissain malleissa on mahdollista tallentaa mittaustulos muistipaikalle siten, että siitä selviää, mikä keskus on kyseessä sekä mikä on ryhmän numero.

Käyttöönottomittausten suorittamista vaikeuttaa monesti kiireellinen aikataulu sekä mittaustyön sovittaminen muuhun työmaalla tapahtuvaan toimintaan. Esimerkiksi joihinkin pistorasiaryhmiin on saatettu kytkeä virrat ennen varsinaista käyttöönottoa. Näitä ryhmiä on alettu käyttää työmaasähköinä ja väliaikainen sähkönjakelu on kerätty pois työmaalta. Tällöin asennuksen tekeminen jännitteettömäksi tiettyjä mittauksia varten haittaa muita rakennuksella työskenteleviä.

Ehkä yleisin ongelma on valaistuksen kytkeminen pois. Kohteeseen asennettu kiinteä valaistus saattaa olla jo käytössä, ja rakennusvaiheen väliaikainen valaistus purettuna pois. Tällöin valaistuksen kytkeminen virrattomaksi pysäyttää työskentelyn siltä keskusalueelta kokonaan. Kaikissa tämän kaltaisissa tilanteissa voidaan neuvotella vastaavan mestarin kanssa mittausten suoritusaikajankohdasta, mikäli mittauksia suorittavalla henkilöllä on mahdollisuus joustaa. Vastaavat tilanteet on hyvä ottaa huomioon suunniteltaessa käyttöönottomittauksia.

3.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus, tai silmäääräinen tarkastus, tapahtuu suurilta osin jo asennusvaiheessa ja kytkentöjen ollessa jännitteettömät. Aistinvarainen tarkastus on käyttöönottotarkastusten laajin osa-alue. Sähköalan ammattihenkilö tarkastaa itse suorittamastaan asennuksesta, että kiinteään asennukseen kuuluvat sähkölaitteet ja -kalusteet ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia, täyttävät standardin vaatimukset sekä ovat valmistajan ohjeiden mukaisesti valitut ja asennetut [3]. Kuvan 2 tapauksessa asentaja tarkastaa liitokset ennen kuin peittää jakorasian. Tarkastuksessa tulee huomioida myös erikoistilojen ja -asennusten erityisvaatimukset. Aistinvaraista tarkastusta suorittavalla tekijällä tulee olla samat pätevyyydet kuin muissa käyttöönottotarkastuksissa.



Kuva 2. Ennen jakorasian sulkemista tarkastetaan, että liitokset on tehty oikein.

Väärin asennettu laite saattaa toimia, ja näin ollen asennusvirhettä ei havaita testaamalla. Laitteen toiminta voi olla kuitenkin vajaata, tai sen käyttöikä voi alentua huomattavasti. Laitteet ja kalusteet tulee myös olla ehjiä koska vaurioituneet kalusteet saattavat aiheuttaa vaaran. On hyvä muistaa myös etteivät rikkiäiset tai puutteelliset kalusteet tai laitteet välttämättä toimi oikein tai täytä esteettisesti tilaajan vaatimaa laatua. Silmämääräiseen tarkastukseen kuuluu myös sähköiskulta suojaukseen käytettyjen menetelmien tarkastaminen. Suojat ja kotelot todetaan riittäviksi ja etäisyydet standardin mukaisiksi. Muita silmämääräisesti tarkastettavia asioita [4] ovat

- suojajohtimen sekä nollajohtimen tunnuks
- varoituskilvet
- piirustukset sekä muut tarvittavat järjestelmätiedot
- järjestelmän osien tunnistettavuus, kuten varokkeet, kytkimet, liittimet, säätimet
- johtimien liitokset
- käytön, huollon ja tunnistamisen vaatima tila
- hätäkytkimet
- laitteiston jännitteestä erottamiseen tarvittavat varusteet
- jakokeskuksen hoitotila
- läpivientien asianmukaisuus (äänieristys, paloluokat).

Standardin mukaisesti tehdyssä aistinvaraisessa tarkastuksessa kyseenalaistetaan myös sähkösuunnitelmat [4]. Tällaisia tarkastettavia kohteita ovat

- sähköiskuiltasuojaukseen käytetyt menetelmät
- johtimien valinta, mukaan lukien suojaavat potentiaalintasausjohtimet sekä lisäpotentiaalintasausjohtimet
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden mukaan.

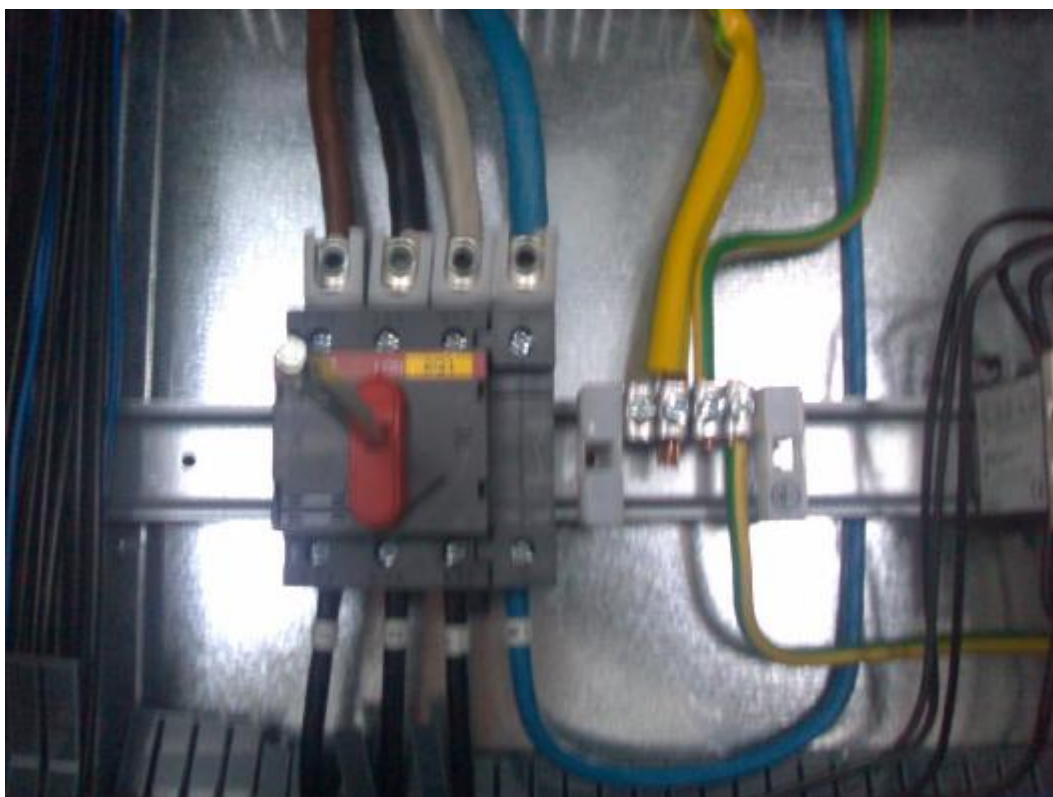
3.2 Testaukset

Testauksella tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla voidaan osoittaa sähköasennuksen turvallisuus. Testauksessa käytetään mittauskalustoa sekä muita apuvälineitä, jolla turvallisuuksi pystytään toteamaan silmämääräisellä tarkastuksella. Jos testauksen aikana huomataan puutteita sähköasennuksissa, on huomioitava, että ne ovat saattaneet vaikuttaa jo suoritettuihin testauksiin. Tältä osin on suoritettava tarvittavat testaukset uudelleen. Käytettävä mittauskalusto on oltava aina kalibroitu.

3.2.1 Suojajohtimen jatkuvuus

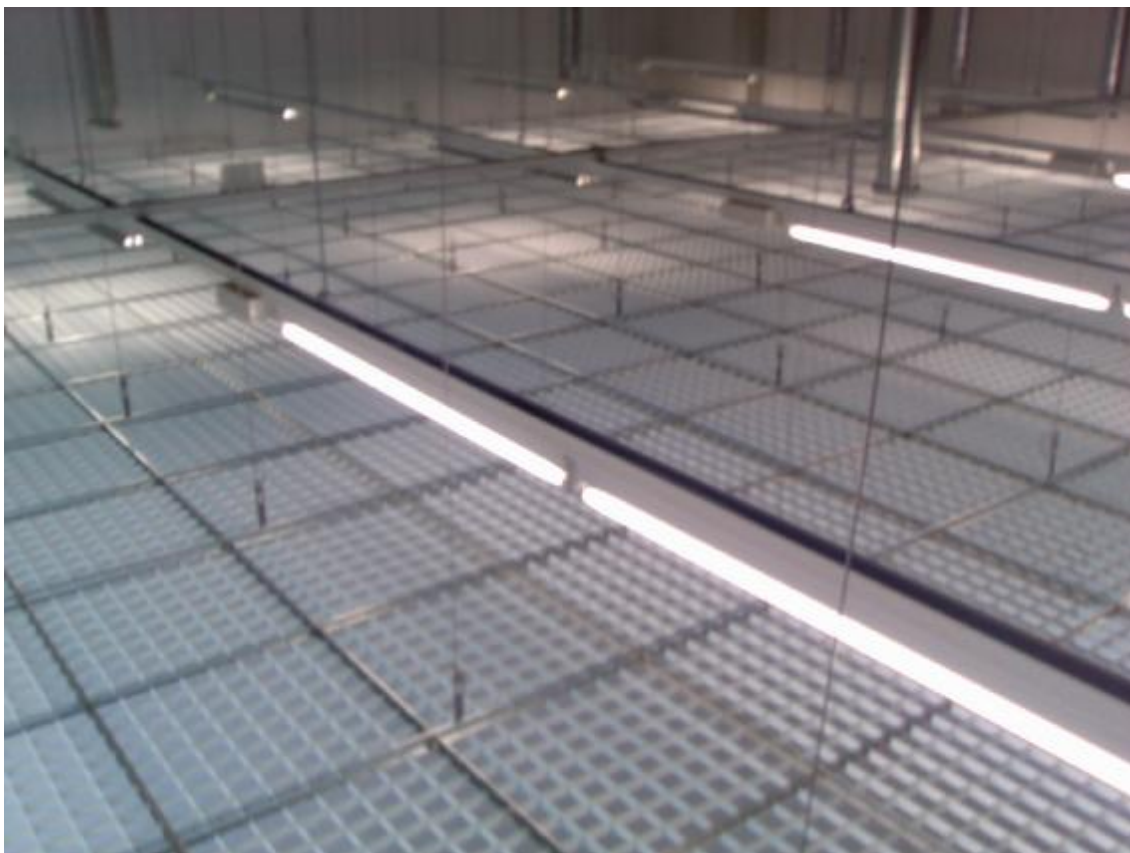
Suojajohdinta on kutsuttu leikkisästi sähköjärjestelmän vaarallisimmaksi johtimeksi. Suojajohtimen pettäminen kuitenkin aiheuttaa vaaran sähköjärjestelmään. Tästä johtuen suojajohtimelle on asetettu omat vaatimukset muista johtimista poiketen. Näillä pyritään suojaamaan suojajohdin mekaaniselta, sähköiseltä, tms. rasitukselta. Suojajohtimia ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, potentiaalintasausjohtimet sekä PEN-johtimet.

Suojajohtimen jatkuvuusmittaukset tulee tehdä jännitteettömässä laitteistossa. Mittausjännitteinä käytetään 4–24 V:n jännitettä ja joko tasa- tai vaihtovirtaa [5]. Mittausten ajaksi on poistettava TN-S-järjestelmästä suojajohtimen sekä nollajohtimen yhdistys. Jos keskuksessa on kuvan 3 esittämä 4-napainen kytkin, joka katkaisee myös nollajohtimen, saadaan yhteys helposti poikki. Muussa tapauksessa nollajohdin on irroitettava. Esimerkiksi suojakosketinpistorasioille yleisiä asennusvirheitä ovat ne, että suoja- sekä nollajohtimet ovat vaihtuneet keskenään. Jos näiden johtimien yhteyttä ei ole katkaistu keskuksella, ei asennusvirhettä havaita jatkuvuusmittauksissa.



Kuva 3. Nelinapainen kytkin, jolla saadaan katkaistuksi nollajohtimen yhteys maadoitukseen.

Käyttöönottomittauksissa suojajohtimen jatkuvuus tarkastetaan asennuksista kattavasti. Koko sähköasennus käydään läpi suojajohtimen osalta aina päämaadoituskiskolta kauimpiin ryhmiin asti. Toisin kuin esimerkiksi silmukkaimpedanssi voidaan tietyin ehdoin todeta määräysten mukaisiksi laskelmalla, suojajohtimen jatkuvuus todetaan riittäväksi mittaamalla.



Kuva 4. Valaisimia vesikaton sekä alakaton välissä. Jokaiselta valaisimelta on tarkastettava yhteys maadoitusjärjestelmään.

Suojajohtimien jatkuvuuden mittaaminen on käyttöönottomittauksista eniten aikaa vievä osa. Esimerkiksi suurien myymälöiden ym. hallien valaistuksen mittaaminen voi olla hankalaa. Yleensä tällaisissa kohteissa jatkuvuus voidaan todeta valaisimen heijastimesta mittaamalla. Jos halli ei ole liian korkea, voidaan apuna käyttää vaikkapa muoviputkeen teipattua mittapäätä. Joissain tapauksissa on pakko turvautua henkilönostimiin tai telineisiin, kuten kuvan 4 ja 5 osoittamissa tilanteissa.



Kuva 5. Enstonet-liittimet valaisinripustuskiskossa. Liittimet voivat jäädä kytkemättä, ja tämä huomataan todennäköisesti jatkuvuusmittauksissa.

Yleensä suojajohtimen jatkuvuutta mitattaessa tarvitaan myös pitkiä apujohtimia. Jotkin asennustesterit voidaan kalibroida vähentämään mitta-apujohtimen resistanssi automaattisesti, mutta se voidaan tehdä helposti myös laskemalla. Myös kaapelin toista johdinta tai rakennuksen johtavaa osaa voidaan käyttää hyödyksi pitkillä kaapeleilla.

Mittauspöytäkirjaan merkitään suurin saatu resistanssiarvo ja sen esiintymispaikka. Mikäli asiakas haluaa, merkitään kaikki mittaustulokset tunnistetietoineen. Siinä tapauksessa voidaan tulokset merkitä esimerkiksi vahvavirtapiirustuksiin, joista ne on helppo paikantaa.

3.2.2 Asennuksen eristysresistanssi

Eristysresistanssista puhuttaessa tarkoitetaan TN-S-järjestelmässä äärijohtimien (L1, L2, L3 ja nolla) sekä maadoitetun suojajohtimen (PE) välistä resistanssia. Kaapeleiden eristeissä voi olla valmistusvikoja, tai ne voivat vaurioitua rakennusvaiheessa. Esimerkiksi seinään porattavat ruuvit saattavat vaurioittaa seinän sisällä kulkevaa kaapelia, tai hankalissa olosuhteissa asennettavan valaisimen johdin voi jäädä ruuvin kannan alle. Vaihejohtimen rikkouduttua tämä voi johtaa oikosulkuun tai ruuvin kanta saattaa jäädä jännitteiseksi. Oikosulku voidaan havaita helposti. Mikäli oikosulkua ei kuitenkaan synny, mutta eriste on kuitenkin vaurioitunut, saattaa se ajan myötä heiketä ja aiheuttaa esimerkiksi sähköpalon.

TN-C järjestelmällä testi suoritetaan äärijohtimien (L1, L2, L3) sekä PEN-johtimen välillä. Pienimmät sallitut eristysresistanssiarvot on esitetty taulukossa 1 [6].

Taulukko 1. Pienimmät sallitut arvot eristysresistanssille.

Virtapiirin nimellisjännite, V	Koejännite (tasajännite), V	Eristysresistanssi, MΩ
SELV JA PELV	250	≥ 0,5
< 500 V, FELV mukaan luettuna	500	≥ 1,0
> 500 V	1000	≥ 1,0

Mittaukset suoritetaan jännitteettömään piiriin ja suojajohtimen yhteys nollaan katkaistaan. Kun N- ja PE-kiskon yhteys on katkaistu, tulee varmistaa N-kiskon jännitteettömyys. Yleensä nolla- sekä vaihejohtimet kytketään yhteen. Tällä pyritään suojaamaan ylivirrälle herkkiä laitteita. On kuitenkin muistettava, että

jos vaihejohtimissa on kytkimiä, jotka eivät ole johtavassa tilassa, mittaajännite pääsee laitteelle vain nollajohdinta pitkin. Mikäli asennuksessa on UPS-laitteita, ne saattavat syöttää kiskostoon jännitettä. Tästä syystä UPS-laitteisto tulee kartoittaa ja erottaa piiristä.

Eristysresistanssin mittausta kannattaa suorittaa pääsääntöisesti siten, että ryhmäkeskuksen syöttämät asennukset mitataan aina yhdellä mittauksella. Joissain tapauksissa joudutaan kuitenkin suorittamaan useampia mittauksia. Jos keskuksessa on esimerkiksi paljon kontaktorien takana olevia lähtöjä, saadaan mitatuksi vain muutama ryhmä kerrallaan.

Jotta mittaukset on kattavat, on saatava kontaktorit ja releet vetämään. Kontaktorit painetaan yleensä mekaanisesti jollain työkalulla. Myös sulakkeet, johdonsuojat ja vikavirtasuojat on saatava johtamaan. Kentällä sijaitsevat kytkimet on oltava johtavana. Esimerkiksi valaistuksen kytkimet saattavat unohtua 0-tilaan, ja näin testijännite ei ulotu valaisimelle vaihejohdinta pitkin. Myös maadoittamattoman suojajohtimen, sekä maan välinen eristysresistanssi on tarkastettava. Tässäkin tapauksessa noudatetaan taulukon 1 arvoja.

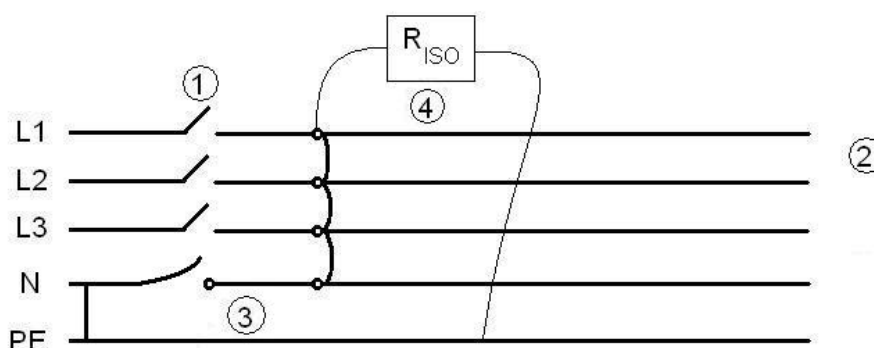
Mikäli piirissä on laitteita, jotka saattavat vaikuttaa testiin tai voivat rikkoutua testijännitteestä, on pyrittävä erottamaan ne piiristä testauksen ajaksi. Tällaisia laitteita voivat olla mm.

- taajuusmuuttajat
- termostaatit
- elektroniset liitälaitteet
- ylijännitesuojat
- herkät mittalaitteet.

Mikäli näitä laitteita ei voida kohtuudella erottaa, voidaan testijännite alentaa 250 volttiin. Tällöin eristysresistanssin arvon tulee olla kuitenkin 1 M Ω [6]. Nykyään suurin osa valaisimista sisältävät elektronisen liitälaitteen. Näistä

osa kestää 500 V:n mittausjännitteen, mutta kaikki valmistajat eivät takaa laitteidensa kestävyyttä. Käytännössä liitälaitteiden rikkoutumiset eristysresistanssia mitattaessa ovat hyvin harvinaisia.

Taajuusmuuttajat tulee joka tapauksessa erottaa piiristä mittauksen ajaksi, koska muutoin ei voida saada hyväksyttävää testaustulosta. Mitattaessa saadut eristysresistanssiarvot ovat yleensä satoja kertoja suurempia kuin vaaditut arvot. Jos jonkin piirin arvo on huomattavasti pienempi muihin piireihin nähden, on syytä tutkia, mistä se johtuu. Kuvassa 6 on esitetty eristysresistanssin mittausta varten tehtävät toimenpiteet ryhmäkeskuksella.



Kuva 6. Havainnekuva ryhmäkeskuksella tehtävistä toimenpiteistä

1. Tee laitteisto jännitteettömäksi ja varmista jännitteettömyys.
2. Varmista mitattavan alueen kytkimet ja katkaisijat, myös johdonsuojat ja vikavirtasuojat.
3. Katkaise N:n ja PE:n välinen yhteys ja varmista N-kiskon jännitteettömyys.
4. Tee mittauskytkennät.

3.2.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Sähköjärjestelmän tulee olla suojattu siten, että siihen syntynyt vika kytkeytyy tietyssä ajassa automaattisesti pois tai sen virta rajoittuu vaarattoman pieneksi. Syötön automaattinen poiskytkentä tarkastetaan testaamalla. Mikäli syötön automaattinen poiskytkentä on suunniteltu toteutuvaksi, laskelmat ovat käytettävissä ja johtimien pituus sekä poikkipinta voidaan tarkastaa jälkikäteen, vaaditaan pelkkä suojajohtimen jatkuvuuden mittaus. Liitteessä 1 on esitetty johdinpituuksien määrittelyyn käytettävät taulukot [7, s. 91]. Laskelmissa ei kuitenkaan huomioida sellaista mahdollisuutta, että nolla- ja vaihejohtimissa saattaa olla löysiä liitoksia. Tämän vuoksi mittaukset kannattaa suorittaa aina.

Mittaamalla toteutettu poiskytkennän varmistaminen

Vikavirtapiirin impedanssin mittaus suoritetaan silmukavastusmittarilla. Mittaus suoritetaan ryhmän kaikissa pistorasioissa. Pienin oikosulkuvirta dokumentoidaan. Mittaukset voidaan suorittaa esimerkiksi ryhmien käyttöönoton yhteydessä, näin saadaan samalla tarkastettua, että asennukset on ryhmitelty oikein. Lisäksi kattavat ja selkeästi dokumentoidut tarkastukset auttavat seuraamaan asennusten kuntoa esimerkiksi kunnossapitotarkastuksen yhteydessä.

Poiskytkentä voidaan tarkastaa myös mittaamalla vikavirtapiirin oikosulkuvirta. Mittausten jälkeen varmistetaan, että oikosulkuvirta riittää käytetylle suojalaitteelle. On myös huomioitava, että mitattaessa oikosulkuvirtoja tulee arvon olla 25 % vaadittua korkeampi. Tämä johtuu siitä, että mittaukset tehdään yleensä huoneenlämpöiseen johtimeen, ja oikosulkulaskelmissa otetaan huomioon johtimien lämpötilat laskien esim. vaihejohtimien 80:n °C lämpötilaa vastaavilla resistansseilla. Jos oikosulkuvirrat eivät ole vaaditun suuruisia, voidaan virtaa kasvattaa suurentamalla kaapelikokoa. Myös väljät liitokset pienentävät oikosulkuvirtaa.

Vikavirtasuojat

Vikavirtasuojausta käytetään yhdessä kosketussuojauksen kanssa, ja sen tarkoituksena on suojata ihmisiä, eläimiä sekä omaisuutta vaaralliselta kosketusjännitteeltä sekä palovaaralta. Esimerkiksi varavoimasyötöissä sitä voidaan käyttää myös poiskytkennän aikaansaamiseksi, ellei ylivirtasuojaja toimi riittävän nopeasti.

Aistinvaraisessa tarkastuksessa tulee tarkastaa, että vikavirtasuojan tyyppi, nimellisarvot, pakkaskestoisuus sekä käyttöohjeet ovat asianmukaiset. Vikavirtasuojan toimintavirta testataan mittauksin, jotta voidaan todeta sen olevan korkeintaan nimellisen toimintavirran suuruinen. Sinimuotoisella vaihtovirralla laukaisun pitää tapahtua 0,5–1,0-kertaisella virralla nimelliseen toimintavirtaan nähden [8]. Laukaisuaika suositellaan mitattavaksi aina. Sen mittaaminen on pakollista kuitenkin vain

- asennettaessa jo aiemmin käytössä ollutta vikavirtasuojaa
- tehtäessä muutoksia tai lisäyksiä vikavirtasuojalla suojattuihin laitteistoihin
- käytettäessä vikavirtasuojaa vian nopeaan poiskytkentään.

Testaus suoritetaan asennustesterillä tai vastaavalla mittauslaitteella. Ramppitestillä mitattaessa saadaan joillain testereillä sekä laukaisuaika että laukaisuvirta samalla testauksella. Perinteinen schuko-testeri ei anna luotettavaa tulosta.

3.2.4 Napaisuus ja kiertosuunnat

Yksinapaisten kytkimien kytkeminen nollajohtimeen on kiellettyä. Siksi on tarkistettava että yksinapaiset kytkinlaitteet on kytketty aina vaihejohtimiin. Tämä tarkastus tapahtuu osittain silmämääräisen tarkastuksen yhteydessä.

Myös vaiheiden (L1, L2 ja L3) kiertosuunnat on tarkistettava monivaiheisissa piireissä. Kiertosuunnat tarkastetaan aina jos keskukseen tulee kolmivaiheinen syöttö siitäkin huolimatta, vaikka keskukselta ei lähtisi kolmivaiheisia asennuksia eteenpäin. Kiertosuunnat tarkastetaan myös kolmivaiheisista pistorasioista. Kiertosuuntia tarkastettaessa mitta-apujohtimia käyttäen on noudatettava varovaisuutta valokaarivaaran vuoksi. Pistorasioita mitattaessa käytetään tarkoitukseen soveltuvia adaptereita.

3.2.5 Toimintatestit

Kaikille asennetuille laitteille kuten kytkimille sekä käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille tulee tehdä toimintatestit sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja säädetty oikein niitä koskevien vaatimusten mukaisesti. Nämä testit eivät kuitenkaan korvaa laitestandardien kokeita [9]. Myös toiminnalliset kokonaisuudet on testattava. Esimerkiksi valaistus voidaan toteuttaa parilla syttymisryhmällä, tai ne voivat olla hyvinkin monimutkaisia kokonaisuuksia. Suojalaitteiden asennus ja oikeat säädöt tarkistetaan tarpeen mukaan. Katkaisijoiden säädöt tehdään oikosulkulaskelmien mukaan.

3.2.6 Dokumentointi

Käyttöönottotarkastuksista täytetään virallinen tarkastuspöytäkirja. Siinä määritellään asennus yksityiskohtaisesti sekä ilmoitetaan tarkastusten testausten tulokset. Liitteessä 2 on esitetty ST-kortiston malli tarkastuspöytäkirjasta. Ennen työn luovuttamista on tarkastuksessa havaitut puutteet ja viat korjattava. Myös uusintatarkastukset dokumentoidaan [7, s. 319]. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan tulee pitää sisällään seuraavat asiat [10]:

- tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
- laitteiston rakentajan yhteystiedot
- tulokset tarkastuksista
- toteamus siitä, täyttääkö asennus standardin ja säännösten vaatimukset
- tiedot testatuista piireistä ja testaustulokset.

Vaikka standardi ei vaadi tulosten kirjaamista kaikissa mittauksissa, on hyvä silti pyrkiä tekemään mahdollisimman kattavat raportit. Näin saadaan suoritetuista mittauksista hyöty parhaiten irti. Kattavaa raporttia voidaan käyttää vertailukohtana myöhemmissä tarkastuksissa. Raportti liitetään käyttöönottotarkastuspöytäkirjan mukaan. Pöytäkirjan mukaan liitetään myös asennuksen puutelista.

Eristystilan mittaustulokset esitetään kaikilta mittauksilta. Jatkuvuusmittausten suorittaminen hyväksyttävien tulosten merkitään suoritetuksi keskusalueittain. Yksittäisiä mittaustuloksia ei vaadita standardissa, mutta huonoimmat tulokset voidaan kirjata mittausraporttiin.

Oikosulkuvirta- tai silmukkaimpedanssimittauksista kirjataan kaikkien pisteiden tulokset. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi vahvavirtatasokuvaan, josta tulokset on helppo paikantaa. Vikavirtasuojien toimintavirta kirjataan kaikilta suojiilta.

Tarvittaessa merkitään vikavirtasuojien toiminta-ajat. Kiertosuuntien testaus merkataan suoritetuksi hyväksyttävin tuloksin.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan merkataan myös tiedot huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeesta sekä lakisääteisen määräaikaistarkastuksen suoritusajankohta. Tarkastuksen suorittaja vahvistaa tarkastuspöytäkirjan oikeaksi.

4 Mittaukset esimerkkikohteessa

4.1 Kohteen esittely

Esimerkkikohteena on terveysasema, johon olin tutustunut jo työharjoittelun yhteydessä aiemmin. Asemalla on kymmenisen potilashuonetta, henkilökunnan toimisto- ja sosiaalityötiloja sekä asiakkaiden odotustilat. Potilashuoneet olivat G1-tiloja. Näissä tiloissa oli käytetty lisäpotentiaalin tasausta. Kussakin huoneessa oli lisäpotentiaalin tasauskisko, johon oli kytketty

- maadoitetut sähkökalusteet ja laitteet kuten suojakosketinpistorasiat
- johtavat lvi-tekniset rakenteet kuten ilmastointiputket
- johtavat rakenteet kuten metalliset ikkunankarmit.

Kaikissa mittauksissa käytin Fluke 1653 asennustesteriä.

4.2 Työn eteneminen

Suoritin käyttöönottotarkastuksen yhdessä sähköurakan työnjohtajan Rauli Lehtosen kanssa. Työnjakona pidettiin sitä, että Lehtonen suoritti silmämääräisen tarkastuksen, tarkastuspöytäkirjat sekä osan mittauksista. Minä suoritin loput mittaukset.

Ennen saapumistani työmaalle oli kohteessa suoritettu

1. Nousujohtojen eristystason mittaus.
2. Ryhmäkeskuksen eristystason mittaus.

Eristysresistanssin mittaukset suoritin yhdessä Rauli Lehtosen kanssa. Mittaukset suoritettiin normaalitoimenpitein, ja saadut tulokset olivat hyväksyttäviä. Samassa yhteydessä tarkistettiin keskuksen syötön napaisuus sekä vaiheiden kiertosuunnat.

Suojajohtimen jatkuvuusmittauksissa etenin siten, että mittasin suojajohtimien resistanssin ensiksi päämaadoituskiskolta aina niin pitkälle kuin mitta-apujohtimet riittivät, ja tämän jälkeen hyödynsin asennuksessa olevia johtimia mittausjohtimina. Potilashuoneissa mittasin kaikki johtavat pisteet saman tilan potentiaalintauskiskoon.

Jos suojajohtimen resistanssi alkaa lähennellä raja-arvoa, syynä ovat yleensä huonot liitokset eikä liian suuri resistanssinen suojajohdin. Tällöin kannattaa tarkastella syytä tulokseen, vaikka se olisikin vielä sallituissa rajoissa. Potilashuoneissa vaadittiin maadoitettujen pisteiden sekä lisäpotentiaaliskiskon välille alle $0,2 \Omega$:n resistanssia.

Syötön automaattisen poiskytkennän osalta mittasin silmukkaimpedanssin, oikosulkuvirran sekä vikavirtasuojan laukaisuvirran sekä -ajan. Aloitin mittaukset sammuttamalla ryhmät ja ottaen niitä yksitellen käyttöön. Näin voin varmistua samalla, että ryhmittely on tapahtunut suunnitelmien mukaisesti. Kaikki pisteet tarkastettiin asennustesterillä ja huonoin piste dokumentoitiin. Potilashuoneiden vikavirtasuojat oli asennettu huoneen seinälle kaapelikouruun. Toimintatesteinä kävin läpi valaistuksen ohjauksen suunnitelmien mukaisen toiminnan.

Kohteesta löytyi asennusvirhe, jossa nolla- ja suojajohdin oli kytketty ristiin pistorasiassa. Tämä tulisi huomata silmämääräistä tarkastusta tehtäessä.

5 Päättäntö

Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli ohjeistaa käyttöönottomittausten suorittamiseen. Työssä pyrittiin käytännön läheiseen näkökulmaan käsittelemällä yleisimpiä pulmatilanteita, joita mittaaja työssään kohtaa. Työssä noudatettiin sähköalan ohjeita ja määräyksiä, joita on uudistettu viime vuosina paljon.

Tutkintotyön ongelmana oli standardin tulkitseminen ja kirjoittaminen helpommin ymmärrettävään muotoon. Standardin soveltaminen on usein epäselvää ja jättää paljon kysymyksiä, joihin olen pyrkinyt etsimään vastauksia. Olen onnistunut tässä mielestäni hyvin.

Tätä tutkintotyötä voidaan hyödyntää esimerkiksi SFS-käsikirja 600:n ja käsikirja D1:n tukena perehdyttäessä suorittamaan sähköasennusten käyttöönottomittaukset.

Työmaalle lähdettäessä kannattaa selvittää, millainen kohde on kyseessä. Asennuksia saattaa olla hankalissa paikoissa, ja niiden tarkastaminen vaatii apuvälineitä kuten mitta-apujohtimia, tikkaita tai henkilönostimia ja muita sähkötarvikkeita.

Tutkintotyössä on käytetty esimerkkitilanteena työterveysaseman käyttöönottomittauksia. Esimerkkimittauksista on kuitenkin vain lyhyt kertomus, ja työtä voisi laajentaa suorittamalla käyttöönottomittaukset kattavasti ja raportoimalla niistä pohtien saatuja tuloksia.

Lähteet

- 1 Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat. (WWW-dokumentti.)
Turvatekniikan keskus. < <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Rekisterit/sahko-ja-hissit-rekisterit/sahkotapaturmat/>> . 12.01.2010. Luettu 3.1.2010.
- 2 Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410. §17.
- 3 SFS 6000-6/61.2.2. Aistinvarainen tarkastus. Suomen standardisoimisliitto. Helsinki. 2007.
- 4 SFS 6000-6/61.2.3. Aistinvarainen tarkastus. Suomen standardisoimisliitto. Helsinki. 2007.
- 5 Käyttöönottotarkastusten mittaukset: Jatkuvuusmittaukset. (Powerpoint-esitys.) Sähköinfo Oy. Espoo. 20.10.2008.
- 6 Suomen standardisoimisliitto. SFS 6000-6/61.3.3. Helsinki. 2007.
- 7 Tiainen Esa. D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo, Sähköinfo Oy, 2009.
- 8 Käyttöönottotarkastusten mittaukset: Vikavirtasuojat. (Powerpoint-esitys.) Sähköinfo Oy. Espoo. 20.10.2008.
- 9 Suomen standardisoimisliitto. SFS 6000-6/61.3.10. Helsinki. 2007.
- 10 Suomen standardisoimisliitto. SFS 6000-6/61.4.3. Helsinki. 2007.

Liite 1: Oikosulkuvirrat

Taulukko. Automaattisen poiskytkennän vuoksi vaadittavat oikosulkuvirrat B- ja C-tyypin johdonsuoja-automaateille.

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Liite 1: Oikosulkuvirrat

Taulukko. Automaattisen poiskytkenvän vuoksi vaadittavat oikosulkuvirrat gG-tyypin sulakkeille.

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

ST 51.21.05

Pöytäkirjan nro _____

**KÄYTTÖÖNOTTO-
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus <input type="checkbox"/>		Muuttotarkastus <input type="checkbox"/>	
Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/>			
Muu <input type="checkbox"/>		Mikä? _____	
PERUSTIEDOT			
Kohteen tiedot	Työnumero	Kohteen nimi ja yksiköinti	Osoite ja postitoimipaikka
Sähkölaitteiston rakentaja	Rakentajan nimi	Osoite ja postitoimipaikka	
	Sähkötöiden johtaja		
	Puhelinnumero	Sähköpostiosoite	
1. AISTINVARAINEN TARKASTUS			
Koko kohde <input type="checkbox"/>	Vain kyseinen keskusalue <input type="checkbox"/>		
a)	Sähköiskulta suojaus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
b)	Palosuojaus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
c)	Johtimien valinta Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
d)	Suoja-, käyttö- ja valvontalaitteet Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
e)	Eroitus- ja kytkentälaitteet Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
f)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
g)	Nolla- ja suojajohtimien tunnuks Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
h)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
i)	Dokumentit, varoituskilvet yms. Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
j)	Tunnistettavuus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
k)	Johtimien liitosten sopivuus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>

Pöytäkirjan nro _____

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS (jatkuu)l) Suojajohtimien olemassa olo Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Maadoituseläktrodin rakenne:

Perustusmaadoitus ☐

Muuta, mikä? _____

Perustelut _____

m) Sähkölaitteiston vaativa tila Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

n) Erikoistilat Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Kohdetta koskevat erikoistilat:

Läsnätila

Liite _____

Räjähdyshaarallinen tila

Liite _____

Liite _____

KESKUKSEN NIMI JA TUNNUS:**2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)**Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista ☐Suurin resistanssi _____ Ω , ryhmässä _____Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaisiksi ☐

Liitteet: _____

3. ERISTYSRESISTANSSI

Kohde	Ryhmä nro	$R_g/M\Omega$	Huom	Kohde	Ryhmä nro	$R_g/M\Omega$	Huom

Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi ☐

Erikoistalonpitäen mittauksen suorittamisessa: _____

Liitteet: _____

Pöytäkirjan nro _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

	I_k /A	Z_k /Ω	Suojalaite	I_n /A (suojalaitteet)
Keskus				
Epäeulerin piste (0,4 s)				
Epäeulerin piste (5,0 s)				

Oikosulkuvirta- ja silmukaimpedanssiarvot saatu mittaamalla ☐Oikosulkuvirta- ja silmukaimpedanssiarvot saatu laskemalla ☐Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset ☐

Liitteet: _____

Vikavirtasuojat

Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike-testaus	Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike-testaus
		t/ms	$I_{\Delta n}$				t/ms	$I_{\Delta n}$	

Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi ☐

Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lissäsuojaus, PS = palosuojaus

Liitteet: _____

5. KIERTOJUUNNAN TARKASTUSKeskus ☐ 3-vaihepistotestit ☐ Ei sisälly asennukseen ☐**6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT**Koneet ja laitteet ☐ Toiminnalliset kokonaisuudet ☐ Ei sisälly asennukseen ☐**7. EMC-SUOJAUS**

EMC-suojauksen toteuttamiseksi on kohteessa käytetty seuraavia menetelmiä

TN-S-järjestelmä ☐

Muuta, mitä? _____

Liitteet: _____

Sähkölaiteisto täyttää sähköturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen (1466/2007) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset ☐**8. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE**Kokteen kunnossapito-ohjelma vaaditaan ☐ei vaadita ☐Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma ☐Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet ☐Kohteessa on poistumisreititvalaistus ☐Kohteessa on poistumisreititvalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma ☐**9. SEURAAVA MÄÄRÄÄIKÄISTARKASTUS**Kohde: vaaditaan ☐ määräaikaistarkastuksen ajankohta _____ei vaadita ☐

Huom! _____

10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETYT STANDARDIT

Toteutuksessa on käytetty standardikäsikirjaa SFS 600/20 _____ ja

muuta, mikä? _____

Kohde on toteutettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi ☐

Pöytäkirjan nro _____

11. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Päiväys	Päiväys
Allekirjoitus ja nimen selvitys	Allekirjoitus ja nimen selvitys

Mittauksessa käytetyt mittalaitteet

12. LUOVUTUSMERKINTÄ

a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkoyhtiö ☐ Verkkoyhtiön nimi _____
TUKES ☐

b) Käytön alustus ☐ Sovitti pidettäväksi pvm . __ 20__

c) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen ☐
liitteet: _____

d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu ☐
uutelo piirustuksista
ja dokumenteista:

Lisätietoja:

Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvitys
---------	---------------------------------

13. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Olen vastaanottanut kohdassa 12, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritteet.

Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöajan.

Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvitys
---------	---------------------------------